

19 BUNDESREPUBLIK
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift
10 DE 44 35 103 A 1

21 Aktenzeichen: P 44 35 103.8
22 Anmeldetag: 30. 9. 94
43 Offenlegungstag: 4. 4. 96

51 Int. Cl.⁶:
B 01 D 53/90
B 01 J 4/02
G 05 D 11/08
G 05 D 21/00
F 01 N 3/10

DE 44 35 103 A 1

71 Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

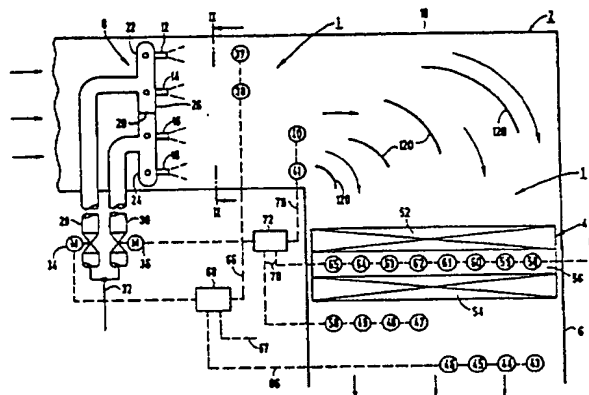
72 Erfinder:
Hüttenhofer, Klaus, Dipl.-Ing., 90562 Heroldsberg,
DE; Spitznagel, Günther, Dipl.-Chem. Dr.rer.nat.,
91058 Erlangen, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit
in Betracht zu ziehende Druckschriften:

DE 37 35 112 C2
DE 37 35 112 C2
DE 42 37 705 A1
DE 42 37 705 A1
DE 37 40 675 A1

54 Verfahren und Anordnung zur Verbesserung der Wirksamkeit von SCR-DeNO_x-Anlagen

57 Bei SCR-DeNO_x-Anlagen besteht das Problem, daß die NO_x-Konzentration im Rauchgaskanal durch vielfältige Einflüsse sowohl lokal unterschiedlich ist als sich auch zeitlich ändert. Daher erweist es sich als problematisch, die stöchiometrisch korrekte NH₃-Menge - örtlich und zeitlich gesehen - in das Rauchgas einzudüsen. Hierzu sieht die Erfindung vor, daß bei einer Katalysatoranordnung mit stromaufwärts über den Querschnitt des Rauchgaskanals verteilt angeordnete Einspritzdüsen für das Reduktionsmittel die Eindüsmenge individuell in Abhängigkeit von der jeweils lokal gemessenen Reduktionsmittel- und NO_x-Konzentration bzw. der Differenz aus beiden gesteuert wird.



DE 44 35 103 A 1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

BUNDESDRUCKEREI 02. 96 802 014/269

11/31

Die Erfindung bezieht sich auf ein Verfahren und eine Anlage zur Verbesserung der Wirksamkeit von SCR-DeNO_x-Anlagen. Dabei sind DeNO_x-Anlagen Anlagen, die vorzugsweise in Gasen mitgeführte Stickoxide abbauen. Die Abkürzung SCR steht für Selective Catalytic Reduction.

In den bei Verbrennungsprozessen entstehenden Abgasen sind u. a. auch diverse Stickoxide enthalten. Diese gelten als Umweltgifte und haben darüber hinaus auch toxische Wirkungen auf den menschlichen und tierischen Organismus. Im Kraftwerksbetrieb ist es allgemein üblich, diese Stickoxide in die umweltfreundlichen und harmlosen Produkte Stickstoff (N₂) und Wasser (H₂O) umzuwandeln. Hierzu hat sich weltweit das SCR-Verfahren durchgesetzt. (Man vergleiche hierzu die deutschen Patentanmeldungen P 43 09 891.6, P 43 10 926.8 und P 43 15 278.3). Dabei wird dem Rauchgas ein geeignetes Reduktionsmittel, im allgemeinen Ammoniak beigemischt und wird dieses NH₃-Rauchgasgemisch bei 300°C bis 450°C mit sogenannten SCR-DeNO_x-Katalysatoren kontaktiert. Für die vollständige Umwandlung ist es erforderlich, daß die Reaktionspartner NH₃ und NO_x am SCR-Katalysator im richtigen stöchiometrischen Verhältnis vorliegen.

Um das richtige stöchiometrische Verhältnis über den gesamten Querschnitt des Rauchgaskanals einzustellen, ist es bei Kraftwerken bekannt, in den Rauchgaskanälen mit Einspritzdüsen bestückte Rohrgitter einzubauen, über die das Reduktionsmittel relativ gleichmäßig über den Rauchgaskanal verteilt, in den Rauchgasstrom eingedüst wird. Diese Eindüsvorrichtung befindet sich im allgemeinen in einigen Metern Entfernung stromaufwärts der SCR-Katalysatoren der DeNO_x-Anlage, damit das eingedüste Reduktionsmittel — im allgemeinen Ammoniak — Zeit hat, sich gleichmäßig mit dem Rauchgas zu vermischen und die SCR-Katalysatoren von einem gleichmäßig mit Ammoniak durchsetzten Rauchgas angeströmt werden.

Weil darüber hinaus das Geschwindigkeitsprofil der Rauchgasströmung in den Rauchgaskanälen, bedingt durch die geometrischen Gegebenheiten des Rauchgaskanals ungleichmäßig ist und weil auch das NO_x-Profil über dem Rauchgaskanalquerschnitt ungleichmäßig ist, ist es bekannt, den einzelnen Einspritzdüsen bzw. Einspritzdüsengruppen Drosselstellen vorzuschalten, die bei der Inbetriebnahme des Kraftwerks manuell von Hand so eingestellt werden, daß sich trotz unterschiedlicher Strömungsgeschwindigkeiten bzw. NO_x-Konzentrationen im Rauchgaskanal ein über den gesamten Querschnitt hinweg gleichmäßiges Verhältnis von Reduktionsmittel, im allgemeinen NH₃, zu NO_x einstellt. Diese Einstellung der einzelnen Drosselstellen erfolgt üblicherweise bei Nennlast des Kraftwerkes. Sie ist recht zeitaufwendig, weil jede Änderung des Durchsatzes in einer Düse auch Rückwirkung in benachbarten Düsen des Eindüsesystems und wegen des Durchmischungseffektes auch Rückwirkungen in benachbarten Stromfäden des Rauchgases zur Folge hat.

Nun hat es sich aber gezeigt, daß sich bei Leistungsänderungen seitens der Verbrennungsanlage nicht nur die Gesamtmenge an NO_x im Rauchgas und damit auch die stöchiometrisch erforderliche Eindüsemenge von Reduktionsmittel bzw. NH₃ ändert, sondern daß dadurch auch die lokalen Strömungsverhältnisse im Rauchgaskanal verändert werden. Dadurch entstehen, selbst bei insgesamt angepaßter Reduktionsmitteleindü-

semenge, sowohl Stromfäden, in denen im Verhältnis zum NO_x-Gehalt zuviel als auch Stromfäden, in denen zuwenig Reduktionsmittel enthalten ist. Dies führt zu Problemen in nachgeschalteten Anlagenteilen wie Luftvorwärmern oder Rauchgasentschwefelungsanlagen.

Des weiteren ist es bekannt, daß durch Staubsatz an die Einspritzdüsen und durch Staubaablagerungen im Rauchgaskanal mit der Zeit lokale Strömungsänderungen entstehen, die die ursprünglich eingestellte gleichmäßige Zudosierung des Reduktionsmittels im Rauchgas mit der Zeit verändern und so Zonen mit zuviel und zuwenig Reduktionsmittel im Rauchgas nebeneinander entstehen lassen. Dies konnte bisher nur durch erneutes manuelles Einstellen aller Drosselstellen korrigiert werden. Dies war zeitaufwendig und kostenträchtig.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, einen Weg zu weisen, wie ohne umständliche Neueinstellung der den Einspritzdüsen für das Reduktionsmittel zugeordneten Drosselstellen die jeweils lokal an die NO_x-Menge im Rauchgas angepaßte stöchiometrische Reduktionsmenge eingedüst und wie diese Eindüsmenge ohne großen Aufwand laufend an die sich ändernden lokalen Verhältnisse angepaßt werden kann. Zugleich sollte diese stöchiometrische richtige Eindüsmenge des Reduktionsmittels an die sich bei Laständerung der Verbrennungsanlage zeitlich und auch lokal ändernden Gegebenheiten im Rauchgaskanal ohne großen Aufwand anpaßbar sein.

Bezüglich des Verfahrens wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß die Reduktionsmittel-Eindüsemenge automatisch an die lokale NO_x-Konzentration im Rauchgasstrom von Verbrennungsanlagen angepaßt wird, in dem der Zuström von Reduktionsmittel zu den stromaufwärts der Katalysatoranordnung über den Querschnitt des Rauchgaskanals verteilt angeordneten, an eine Reduktionsmittel-Versorgung angeschlossenen, Einspritzdüsen bzw. Düsengruppen individuell in Abhängigkeit von der gemessenen lokalen NO_x- und Reduktionsmittelkonzentration im Rauchgaskanal bzw. der Differenz aus beiden gesteuert wird. Hierzu wird lokal durch die jeweilige Einspritzdüse eine Reduktionsmittelmenge eingespritzt, die an die momentane NO_x-Konzentration im Rauchgas im Bereich des zuständigen Sensors angepaßt ist. Das führt dazu, daß sich die Reduktionsmittelmenge zeitlich und örtlich an die NO_x-Menge anpaßt und somit auch den komplexen, zeitlichen und lokalen Änderungen der Rauchgaszusammensetzung bei Leistungsänderung der Verbrennungsanlage folgt.

Bezüglich der Anordnung wird diese Aufgabe erfindungsgemäß dadurch gelöst, daß im Rauchgaskanal stromaufwärts der Katalysatoranordnung der SCR-DeNO_x-Anlage Einspritzdüsen für Reduktionsmittel gleichmäßig über den Querschnitt des Rauchgaskanals verteilt angeordnet sind und im Rauchgaskanal zwischen der Ebene der Einspritzdüsen und der Katalysatoranordnung Sensoren zur Reduktionsmittel- und/oder NO_x-Messung bzw. einer Differenzmessung NO_x-Reduktionsmittel-Konzentration über den Querschnitt des Rauchgaskanals verteilt angeordnet sind, welche letztere über ein oder mehrere Signalauswertesysteme an Steuermittel zur Beeinflussung des Reduktionsmittelzustroms zu den einzelnen Einspritzdüsen bzw. Einspritzdüsengruppen angeschlossen sind. Hierdurch wird eine Anordnung geschaffen, die nicht nur das Reduktionsmittel gleichmäßig über die Querschnitte des Rauchgaskanals verteilt eindüst, sondern diese Eindüsemenge sowohl insgesamt in Abhängigkeit vom NO_x-Gehalt des

Rauchgases als auch lokal individuell an die im Rauchgaskanal momentan herrschenden Strömungsverhältnisse anpaßt.

In zweckmäßiger Weise kann die Reduktionsmittel- und auch NO_x -Konzentration im Rauchgas von im Rauchgaskanal angeordnete Sensoren für NO_x und/oder Reduktionsmittel bzw. der Differenz aus beiden gemessen werden.

In besonders vorteilhafter Ausgestaltung der Erfindung können die Sensoren jeweils die Reduktionsmittelzufuhr zu einer in dem jeweils selben Strompfad im Rauchgaskanal angeordneten Einspritzdüse bzw. Einspritzdüsegruppe über eine Auswertstufe steuern. Mit dieser Anordnung läßt sich das benötigte Katalysatorvolumen um 5 bis 10% verringern bzw. die Katalysatorstandzeit deutlich verlängern.

Es kann kostensparend sein, wenn die Einspritzdüsen für das Reduktionsmittel zumindest teilweise gruppenweise zusammengefaßt und über je ein sensorgesteuertes Stellmittel für die Reduktionsmittelzufuhr mit Reduktionsmittel versorgt werden. Hierdurch werden sowohl Sensoren, Stellmittel und Auswertstufen eingespart.

In zweckmäßiger Ausgestaltung der Erfindung können auch stromabwärts der Katalysatoranordnung Sensoren zur Reduktionsmittel- bzw. NO_x -Messung bzw. einer Differenzmessung NO_x -Reduktionsmittelkonzentration jeweils über den Querschnitt des Rauchgaskanals verteilt angeordnet und über ein oder mehrere Signalauswertsysteme an die Steuermittel zur Beeinflussung des Reduktionsmittelszustroms zu den einzelnen Einspritzdüsen bzw. Einspritzdüsegruppen angeschlossen sein. Dies hat den Vorteil, daß Meßwerte über den tatsächlichen Zustand des Rauchgases hinter der Katalysatorebene vorliegen, die auch Mängel der Katalysatoranordnung detektieren können.

Eine promptere und zugleich exaktere Nachführung der eingedüsten Reduktionsmittelmengen an den tatsächlichen Bedarf läßt sich erreichen, wenn Sensoren zur Reduktionsmittel- und/oder NO_x -Messung bzw. einer Differenzmessung NO_x -Reduktionsmittelkonzentration auch zwischen den einzelnen Katalysatorebenen angeordnet sind und über ein oder mehrere Signalauswertsysteme an die Steuermittel zur Beeinflussung des Reduktionsmittelszustroms zu den einzelnen Einspritzdüsen bzw. Einspritzdüsegruppen angeschlossen sind. Hierdurch wird eine sich anbahnende Unstimmigkeit schneller erkannt und ausgeglichen.

Weitere vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind den übrigen Unteransprüchen zu entnehmen.

Ausführungsbeispiele werden anhand der Figuren erläutert. Es zeigen:

Fig. 1 einen schematischen Querschnitt durch einen Rauchgaskanal mit einer DeNO_x -Anlage,

Fig. 2 einen Schnitt längs der Linie II-II der Fig. 1,

Fig. 3 einen schematischen Querschnitt durch eine andere Eindüsvorrichtung für ein Reduktionsmittel,

Fig. 4 einen Schnitt längs der Linie IV-IV der Fig. 3,

Fig. 5 einen Querschnitt durch die Gaszusammensetzung im Rauchgaskanal bei einer Anlage gemäß dem vorbekannten Stand der Technik bei Nennlast,

Fig. 6 einen Querschnitt durch die Gaszusammensetzung im Rauchgaskanal der Fig. 5 beim erfindungsgemäßen Verfahren bei Nennlast;

Fig. 7 einen Querschnitt durch die Gaszusammensetzung im Rauchgaskanal der Fig. 5 bei Teillast gemäß dem Stand der Technik und

Fig. 8 einen Querschnitt durch die Gaszusammensetzung

im Rauchgaskanal der Fig. 7 bei Teillast beim erfindungsgemäßen Verfahren.

Die Fig. 1 zeigt in schematischer Darstellung ein im Bereich der DeNO_x -Anlage 1 aufgeschnittenen Rauchgaskanal 2. Die DeNO_x -Anlage befindet sich mit ihrer Katalysatoranordnung 4 in einem abwärtsführenden Zweig 6 des Rauchgaskanals 2, wohingegen die stromaufwärts gelegene Eindüsanordnung 8 für das Reduktionsmittel — im vorliegenden Fall für Ammoniak — in einem horizontalen Zweig 10 des Rauchgaskanals 2 eingebaut ist. Solche abgeknickte Rauchgaskanäle mit im abwärts führenden Zweig angeordneten Katalysatoranordnungen sind bei Kraftwerken üblich, weil die Gaskanäle in der Katalysatoranordnung bei senkrechter Gasströmung nicht so leicht zum Verstopfen durch mitgeführte Staubpartikel neigen, wie bei horizontaler Gasführung.

In der Darstellung der Fig. 1 sind insgesamt vier Einspritzdüsen 12, 14, 16, 18 für Ammoniak zu erkennen, die an einer gemeinsamen, durch eine gasdichte Trennwand 20 in zwei Abschnitte 22, 24 unterteilte Versorgungsleitung 26 angeschlossen sind. Die beiden Abschnitte der Versorgungsleitung 26 sind durch je einen separaten Versorgungsstrang 28, 30 an eine Ammoniakleitung 32 angeschlossen. Jeder Versorgungsstrang enthält ein eigenes motorisch verstellbares Stellventil 34, 36. Zwischen den Einspritzdüsen 12, 14, 16, 18 und der Katalysatoranordnung 4 sind zwei Gruppen von je zwei Sensoren 37, 38 und 40, 41 zu erkennen. Diese Sensoren detektieren im Ausführungsbeispiel den NH_3 -Gehalt bzw. den NO_x -Gehalt im Rauchgas. Von diesen vier Sensoren ist jeweils eine Gruppe von zwei Sensoren dem in der Fig. 1 oberen Abschnitt des Rauchgaskanals 2 bzw. unteren Abschnitt des Rauchgaskanals zugeordnet. Im abwärts führenden Zweig 6 des Rauchgaskanals 2 in Strömungsrichtung hinter der Katalysatoranordnung 4 sind wiederum zwei Gruppen von vier Sensoren 43, 44, 45, 46 und 47, 48, 49, 50 zur Detektierung von Ammoniak und NO_x zu erkennen, wobei die eine Gruppe von Sensoren 43, 44, 45, 46 dem Pfad des Rauchgases der in dem horizontalen Abschnitt des Rauchgaskanals 2 den beiden oberen Einspritzdüsen 12, 14 und die andere Gruppe von Sensoren 47, 48, 49, 50 dem Pfad des Rauchgases der im horizontalen Abschnitt des Rauchgaskanals 2 den unteren beiden Einspritzdüsen 16, 18 zugeordnet ist.

Wie die Schnittdarstellung der Fig. 1 zeigt, besteht die Katalysatoranordnung aus einer oberen Katalysatorlage 52 und einer unteren Katalysatorlage 54, die beide durch einen Zwischenraum 56 voneinander getrennt sind. In diesen Zwischenraum sind wieder zwei Gruppen von je vier Sensoren 58, 59, 60, 61 und 62, 63, 64, 65 für Ammoniak und NO_x zu erkennen. Die Signalleitungen 66 aller Sensoren, die dem Rauchgaspfad zugeordnet sind, in dem sich auch die obere Düsegruppe befindet, sind in der Auswertstufe 68 und die Signalleitungen 70 aller Sensoren die dem Strömungspfad des Rauchgases zugeordnet sind, dem auch die untere Düsegruppe zugeordnet ist, sind an die Auswertstufe 72 angeschlossen. Die Auswertstufe 68 ist mit einer Steuerleitung an das Motorventil 34 angeschlossen, das dem Durchfluß durch den zur oberen Düsegruppe führenden Versorgungsstrang 28 steuert und die Auswertstufe 72 ist über eine Steuerleitung an das Motorventil 36 angeschlossen, das den Durchfluß durch den Versorgungsstrang 30 steuert, der zur unteren Düsegruppe führt.

Wie die in der Fig. 2 dargestellte Schnittdarstellung längs der Linie II-II der Fig. 1 zeigt, sind über die Breite

des Rauchgaskanals 2 hinweg obere und untere Versorgungsstränge mit je vier Einspritzdüsen 12, 14, 16, 18 und 80 bis 99 besetzten Versorgungsleitungen 26, 100, 102, 104, 106, 108 vorgesehen. Jedem dieser Versorgungsstränge ist wie den Versorgungssträngen 28 und 30 in Fig. 1 je ein motorisch verstellbares Stellventil 36, 110, 112, 114, 116, 118 für die Steuerung der Reduktionsmitteldosierung zugeordnet. Auch die Sensorgruppen, die in der Fig. 1 in der Zeichnungsebene zu sehen sind, wiederholen sich samt den zugehörigen, hier nicht dargestellten Auswertstufen in der Breite des Rauchgaskanals.

Beim Betrieb der Verbrennungsanlage strömen die Rauchgase in der Darstellung der Fig. 1 von links nach rechts durch den horizontalen Zweig 10 des Rauchgaskanals 2 und werden dann an Leitblechen 120 um 90° nach unten umgelenkt und strömen sodann durch die oberen und unteren Lagen 52, 54 der Katalysatoranordnung 4 und an den dahinterliegenden Sensorgruppen 43—50 nach unten weiter. Beim Passieren der oberen und unteren Einspritzdüsen 12, 14, 16, 18 wird das NO_x-haltige Rauchgas mit einem Reduktionsmittel, hier Ammoniak, angereichert und messen die beiden Sensorgruppen hinter diesen Einspritzdüsen den Ammoniak bzw. NO_x-Gehalt des Rauchgases. Im vorliegenden Fall bilden sie ein Signal, welches dem Wert Konzentration NO_x—Konzentration NH₃ entspricht. Dieses Signal entspricht in etwa dem gewünschten Rest NO_x-Wert hinter der Katalysatoranordnung. Die jeweiligen Auswertstufen 68, 72 für die obere und die untere Sensorgruppe 37, 38 und 40, 41 sind so eingestellt, daß sie die motorgesteuerten Stellventile 34, 36 an den Versorgungssträngen 28, 30 etwas öffnen, wenn der Ammoniakgehalt im Rauchgas unter der stöchiometrischen Menge liegt, die zur Reduktion der im Rauchgas gemessenen Stickoxide erforderlich ist und umgekehrt. Beim weiteren Durchströmen des Rauchgaskanals 2 werden die mit Ammoniak angereicherten Rauchgase an den Leitblechen 120 nach unten umgelenkt und strömen von oben nach unten durch die Katalysatoranordnung 4 durch. In der Darstellung der Fig. 1 unterhalb der Katalysatoranordnung durchströmen sie die dort angeordneten Sensorgruppen 43 bis 46 und 47 bis 50, die wiederum den Ammoniak- und NO_x-Gehalt der Rauchgase messen. Das Meßergebnis wird über die Signalleitung 66, 70 zu den beiden Auswertestufen 68, 72 weitergeleitet. Sobald ein Ammoniaküberschuß gemessen wird, wird das für diesen Pfad des Rauchgasstroms zuständige Stellventil weiter angedrosselt und wenn ein Überschuß an NO_x und kein Ammoniak detektiert wird, das entsprechende Stellventil etwas weiter aufgesteuert. Auf diese Weise werden auch Veränderungen des NO_x-Gehaltes im Rauchgas, die auf Leistungsänderung der Verbrennungsanlage zurückzuführen sind, automatisch berücksichtigt. Wegen der — in Fig. 1 dargestellten — Aufteilung in einen unteren und einen oberen Strang werden zusätzlich auch örtliche Unregelmäßigkeiten des NO_x-Gehaltes im Rauchgas wie sie durch Verlagerung und durch Verwirbelung der Rauchgasströmung entstehen können, für diese beiden Rauchgasstränge separat kompensiert. Das gilt auch für Störung bei der Ammoniak-eindüsung, die entweder durch teilweise Verstopfungen der Einspritzdüsen und/oder durch Änderung der Strömungsverhältnisse im Rauchgaskanal erzeugt werden.

In der Darstellung der Fig. 1 sind im Zwischenraum 56 zwischen der oberen und unteren Katalysatorlage weitere Sensoren 58 bis 65 für Ammoniak und NO_x zu erkennen. Diese können, insbesondere bei Leistungsän-

derung der Verbrennungsanlage, Änderungen des Ammoniak und NO_x-Gehaltes noch vor der den Katalysatoranordnung nachgeschalteten Sensoren 43 bis 50 feststellen und so schon zu einem früheren Zeitpunkt zu einem Gegensteuern durch die Stellventile beitragen. Durch dieses frühere Gegensteuern kann auch eine überschießende Regelung gedämpft oder gar vermieden werden.

In den Fig. 3 und 4 ist eine andere Art der Zuordnung von Einspritzdüsen 124 bis 139 zu den einzelnen Versorgungssträngen 140, 142, 144, 146, 148, 150 im Rauchgaskanal 122 zu erkennen. Dabei ist jeder Versorgungsstrang mit einem motorischen Stellventil 152 bis 157 versehen, welches — wie anhand der Fig. 1 gezeigt — von einer Auswertstufe 68, 72 angesteuert wird, die an die dem gleichen Rauchgaspfad zugeordneten Sensoren angeschlossen ist. In diesem Fall müssen die Sensoren bzw. die Sensorengruppen streng in dem Rauchgaspfad der jeweiligen Einspritzdüsen angeordnet sein und über die Auswertstufe an die jeweiligen Stellventile angeschlossen sein, die für diese Einspritzdüsen zuständig sind. Diese Art einer matrixhaften Zuordnung der Einspritzdüsen zu den einzelnen rechtwinkelig zueinander verlaufenden Versorgungssträngen ermöglicht es, jeweils benachbarte Düsen unterschiedlich stark mit Ammoniak zu beaufschlagen. Ein solches Einspritzdüsenfeld erlaubt eine bessere Anpassung der zudosierten Menge von Ammoniak über den Querschnitt des Rauchgaskanals an unterschiedliche NO_x-Konzentrationen als bei einer Zuordnung der Einspritzdüsen zu den einzelnen Versorgungssträngen im Rauchgaskanal wie sie in den Fig. 1 und 2 gezeigt ist.

Die Fig. 5 und 6 zeigen einen Vergleich der Rauchgaszusammensetzung im Querschnitt eines Rauchgaskanals 161, 167 beiderseits einer Katalysatoranordnung 163, 165. In der Fig. 5 ist ein Rauchgaskanal 161 und in der Fig. 6 ein Rauchgaskanal 167 schematisch angedeutet, in denen beiden das Rauchgas von oben nach unten strömt. Im oberen Bereich des Rauchgaskanals ist in beiden Figuren eine Eindüsvorrichtung 8 für Ammoniak angedeutet. Darunter ist schematisch das NO_x-Profil 160 über den Querschnitt des Rauchgaskanals und darunter das Ammoniakprofil 162 bzw. 168 über den Querschnitt des Rauchgaskanals jeweils oberhalb der Katalysatoranordnung 163 bzw. 165 eingezeichnet. Unterhalb der Katalysatoranordnung wird wiederum das NO_x-Profil 164 bzw. 170 und dann das Ammoniakprofil 166 bzw. 172 angezeigt. In der Fig. 5, die die Verhältnisse bei einer Anlage gemäß dem Stand der Technik zeigt, zeigt das NO_x-Profil 160 vor der Katalysatoranordnung 163 über den Querschnitt des Rauchgaskanals hinweg eine Wellenlinie, die beispielsweise durch einen unterschiedlichen Betrieb der Brenner im Kessel hervorgerufen sein kann.

Das NH₃-Profil 162 ist bei der Inbetriebnahme des Kraftwerkes unter Nennlast von Hand an dieses NO_x-Profil 160 angepaßt worden, so daß es diesem NO_x-Profil im wesentlichen folgt. Um sicher zu gehen, daß bei Leistungsänderungen oder sonstigen Störungen kein Ammoniak aus dem Kamin austritt, ist das Ammoniakprofil 162 etwas unterstöchiometrisch eingestellt worden. Daraus folgt, daß hinter der Katalysatoranordnung 163 ein im wesentlichen ausgeglichenes, verringertes NO_x-Profil 164 und ein sehr geringes im wesentlichen ausgeglichenes Ammoniakprofil 166 nachgewiesen werden kann. In der mit dem Kreis A gezeichneten Stelle im Profil 162 ist in der Fig. 5 jedoch zur Erläuterung eine Einspritzdüse durch Flugstaub teilweise zugesetzt. Die-

se Störung wirkt sich hinter der Katalysatoranordnung dahingehend aus, daß das NO_x -Profil 164 hier eine inverse Störung zeigt und daß das Ammoniakprofil 166 eine zum NO_x -Profil inverses Maximum aufweist. Ein solch lokaler Ausstoß von Ammoniak ist jedoch sehr unerwünscht, da er sich auf nachgeschaltete Anlagenteile sehr störend auswirkt.

Im Ausführungsbeispiel der Fig. 6, welches die mit der Fig. 5 vergleichbaren Verhältnisse bei einer erfindungsgemäßen Anlage zeigt, sind zwischen der Ammoniakkeindüsvorrichtung 8 und dem NO_x -Profil 160 die Sensoren 169 angeordnet, die das NO_x - bzw. das Ammoniakprofil 168 messen. Diese Sensoren messen daher auch die in diesem Ausführungsbeispiel an der gleichen Stelle wie in der Fig. 5 im Kreis A angenommene Störung des Ammoniakprofils und können diese Störung daher durch eine entsprechende Ansteuerung der zugeordneten Stellventile weitestgehend kompensieren. Das hat zur Folge, daß hinter der Katalysatoranordnung 165 trotz der vorhandenen gleichen Störung wie in Fig. 5 ein über den ganzen Querschnitt vollkommen ausgeglichenes NO_x -Profil 170 entsteht und das Ammoniakprofil 172 minimiert ist. Da bei dieser erfindungsgemäßen Anordnung stets eine gleichmäßige Zudosierung von Ammoniak entsprechend dem NO_x -Profil gewährleistet ist, kann auch die Katalysatoranordnung 165 in ihrem Volumen um ca. 5% gegenüber dem Ausführungsbeispiel 5 zurückgenommen werden, ohne befürchten zu müssen, an irgendwelchen Stellen exzessive Ammoniakdurchbrüche zu bekommen.

Die Fig. 7 und 8 entsprechen den Fig. 5 und 6 und zeigen lediglich die Verhältnisse, die sich bei denselben Kraftwerken bei Teillast ergeben würden. Man erkennt in der Fig. 7 — die den Stand der Technik verdeutlicht — daß bei Teillast das NO_x -Profil 174 gegenüber jenem Zustand bei Vollast deutlich ungleichmäßiger ist und man erkennt im Ammoniakprofil 162 die Störstelle bei A, die bereits in der Fig. 5 dargestellt wurde. Da die bei Inbetriebnahme vorgenommene Einstellung der Drosselstellen an den Versorgungssträngen beim Übergang zum Teillastbetrieb nicht geändert worden sind, ist das Ammoniakprofil gegenüber jenem in der Fig. 5 unverändert. Als Folge bekommt man hinter der Katalysatoranordnung 163 ein stark verzerrtes NO_x -Profil 176 und ein noch stärker verzerrtes Ammoniakprofil 178, das wegen des vor der Katalysatoranordnung anströmenden Rauchgases mit örtlich geringerer NO_x -Konzentration hinter der Katalysatoranordnung auch einen örtlich sehr viel stärkeren Ammoniakausstoß verzeichnet.

Bei der erfindungsgemäßen Ausstattung des Rauchgaskanals 167 mit einer Sensoranordnung, die in der Fig. 8 unter der Ammoniakkeindüsvorrichtung 8 angedeutet ist, wird nicht nur die Störstelle bei A, die durch die teilweise mit Staub abgedeckte Düse verursacht wird, ausgeglichen, sondern auch der Ammoniakausstoß aus den Düsen in den übrigen Bereichen an das anströmende, veränderte NO_x -Profil 174 angepaßt. Infolge dieses angepaßten Ammoniakprofils 180 ist das NO_x -Profil 182 hinter der Katalysatoranordnung 165 wiederum stark ausgeglichen und das Ammoniakprofil 187 so minimiert wie dasjenige bei Vollast in der Fig. 6. Auch hier kann wegen der besseren stöchiometrischen Anpassung des Reduktionsmittels, hier von Ammoniak, an die NO_x -Gehalte des Rauchgases mit einem um ca. 10% verminderten Katalysatorvolumen gearbeitet werden.

In den vorliegenden Ausführungsbeispielen wurde davon ausgegangen, daß Ammoniak als Reduktionsmittel eingesetzt wird. Ebenso gut kann die Erfindung aber

auch bei anderen Reduktionsmitteln, wie CO , H_2 oder in Ammoniak umwandelbare Stoffe, wie Harnstoff, eingesetzt werden. Auch ist das Verfahren ebenso gut auch bei Anlagen mit horizontal angeordneten Katalysatoranlagen — wie sie bei staubfreien Gasen vorkommen — anwendbar.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Verbesserung der Wirksamkeit von SCR-De NO_x -Anlagen (1) durch automatische Anpassung der Reduktionsmitteldüsemenge an die lokale NO_x -Konzentration im Rauchgasstrom von Verbrennungsanlagen, bei dem der Strom von Reduktionsmittel zu den stromaufwärts der Katalysatoranordnung (4) über den Querschnitt des Rauchgaskanals (2, 122) verteilt angeordneten, an eine Reduktionsmittelversorgung (32) angeschlossenen Einspritzdüsen bzw. Einspritzdüsengruppen (12, 14, 16, 18, 80 bis 99, 124 bis 139) individuell in Abhängigkeit von der gemessenen lokalen NO_x - und Reduktionsmittel-Konzentration bzw. der Differenz aus beiden im Rauchgaskanal gesteuert wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Reduktionsmittel- und NO_x -Konzentration im Rauchgas von im Rauchgaskanal (2, 122) angeordneten Sensoren (37 bis 41, 43 bis 50, 58 bis 65, 169) für NO_x und/oder Reduktionsmittel bzw. der Differenz aus beiden gemessen wird.
3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Sensoren (37 bis 41, 43 bis 50, 58 bis 65, 169) jeweils die Reduktionsmitteldüse zu einer in dem jeweils selben Strompfad im Rauchgaskanal (2, 122) angeordnete Einspritzdüse bzw. Einspritzdüsengruppe (12, 14, 16, 18, 80 bis 99, 124 bis 139) über eine Auswertstufe (68, 72) steuern.
4. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß die Einspritzdüsen (12, 14, 16, 18, 80 bis 99, 124 bis 139) für das Reduktionsmittel zumindest teilweise gruppenweise zusammengefaßt über je ein sensorgesteuertes Stellmittel (34, 36, 110, 112, 114, 116, 118, 152 bis 157) für die Reduktionsmitteldüse mit Reduktionsmittel versorgt werden.
5. Anlage zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß im Rauchgaskanal (2, 122) stromaufwärts der Katalysatoranordnung der SCR-De NO_x -Anlage (1) Einspritzdüsen (12, 14, 16, 18, 80 bis 99, 124 bis 139) für das Reduktionsmittel gleichmäßig über den Querschnitt des Rauchgaskanals verteilt angeordnet sind und im Rauchgaskanal zwischen der Ebene der Einspritzdüsen und der Katalysatoranordnung (4) Sensoren (37 bis 41, 169) zur Reduktionsmittel- und/oder NO_x -Messung bzw. einer Differenzmessung NO_x -Reduktionsmittelkonzentration über den Querschnitt des Rauchgaskanals verteilt angeordnet sind, welche letztere über ein oder mehrere Signalauswertsysteme (68, 72) an Stellmittel (36, 34, 110, 112, 114, 116, 118, 152 bis 157) zur Beeinflussung des Reduktionsmitteldüsenstroms zu den einzelnen Einspritzdüsen bzw. Einspritzdüsengruppen angeschlossen sind.
6. Anordnung nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, daß auch stromabwärts der Katalysatoranordnung (4) Sensoren (43 bis 50) zur Reduktionsmittel- bzw. NO_x -Messung bzw. einer Differenzmessung angeschlossen sind.

renzmessung NO_x-Reduktionsmittelkonzentration jeweils über den Querschnitt des Rauchgaskanals (2, 122) verteilt angeordnet und über ein oder mehrere Signalauswertesysteme (68, 72) an die Steuer- 5
mittel (34, 36, 110, 112, 114, 116, 118, 152 bis 157) zur Beeinflussung des Reduktionsmittelzustroms zu den einzelnen Einspritzdüsen bzw. Einspritzdüsen-
gruppen angeschlossen sind.

7. Anordnung nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, daß Sensoren (58 bis 65) zur Re- 10
duktionsmittel- und/oder NO_x-Messung bzw. einer Differenzmessung NO_x-Reduktionsmittelkonzentration auch zwischen den einzelnen Katalysator-
ebenen (52, 54) angeordnet sind und über ein oder mehrere Signalauswertesysteme (68, 72) an die Steu- 15
ermittel (34, 36, 110, 112, 114, 116, 118, 152 bis 157) zur Beeinflussung des Reduktionsmittelzustroms zu den einzelnen Einspritzdüsen bzw. Einspritzdü-
sengruppen angeschlossen sind.

8. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, 20
dadurch gekennzeichnet, daß die einzelnen Sensoren (37 bis 41, 43 bis 50, 58 bis 65, 169) jeweils einer Reduktionsmittel-Einspritzdüse bzw. -Einspritzdü-
sengruppe (12, 14, 16, 18, 80 bis 99, 124 bis 139), die im selben Strompfad im Rauchgaskanal (2, 122) an- 25
geordnet ist, zugeordnet sind, in dem sie über je ein Signalauswertesystem (68, 72) an den diesen zuge-
ordneten Steuermitteln (34, 36, 110, 112, 114, 116, 118, 152 bis 157) für die Reduktionsmittelzufuhr
angeschlossen sind. 30

9. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 8, 30
dadurch gekennzeichnet, daß als Reduktionsmittel Ammoniak (NH₃) verwendet wird.

10. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 9, 35
dadurch gekennzeichnet, daß das eingesetzte Reduktionsmittel und NO_x-detektierende Sensoren
verwendet werden.

11. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 10, 40
dadurch gekennzeichnet, daß die Steuermittel (34, 36, 110, 112, 114, 116, 118, 152 bis 157) zur Beeinflussung des Reduktionsmittelzustroms zu den Ein-
spritzdüsen bzw. Einspritzdüsengruppen (12, 14, 16, 18, 80 bis 99, 124 bis 139) elektromotorisch, pneu-
matisch oder hydraulisch stufenlos verstellbare 45
Ventile sind.

Hierzu 8 Seite(n) Zeichnungen

50

55

60

65

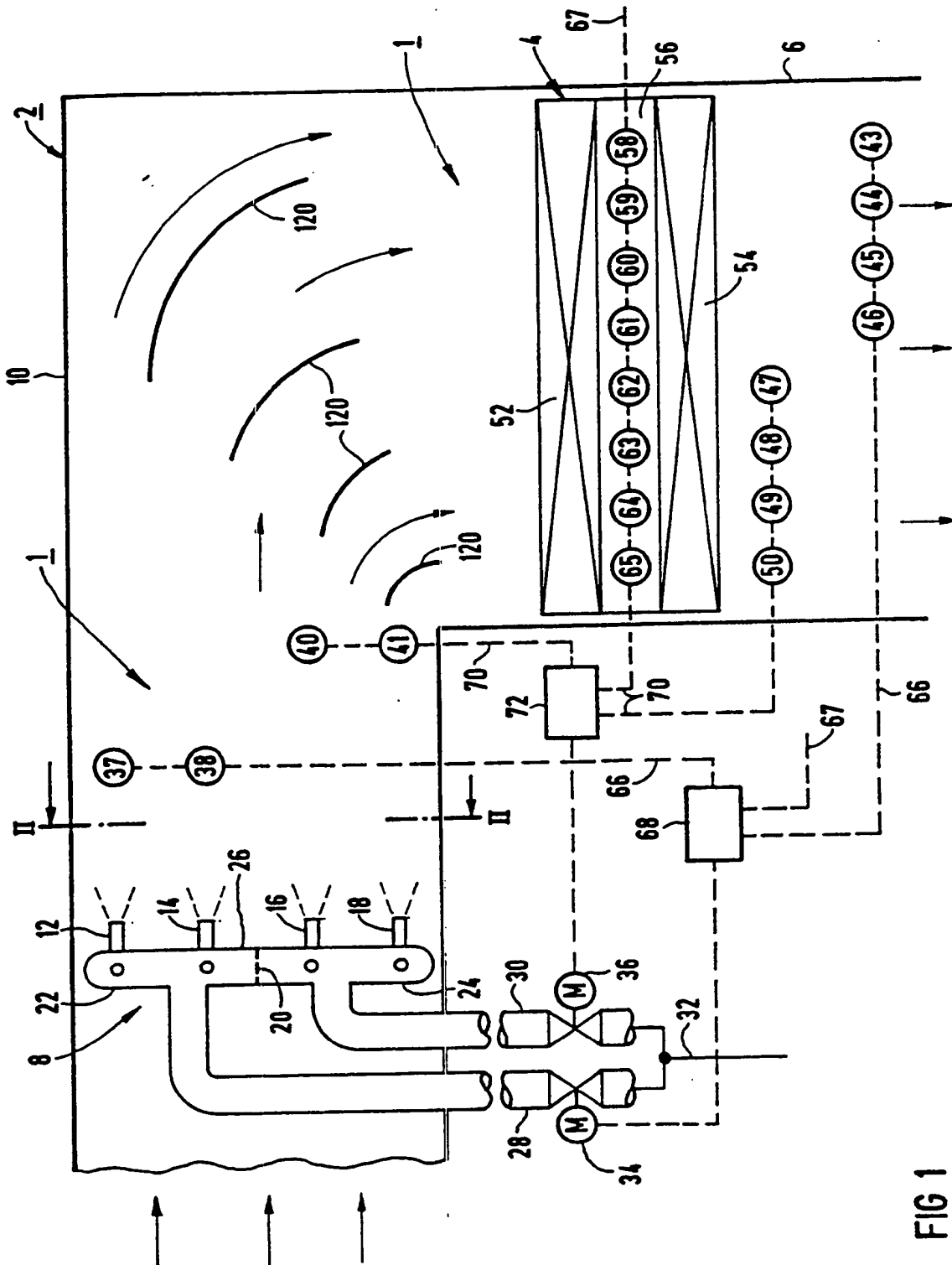


FIG 1

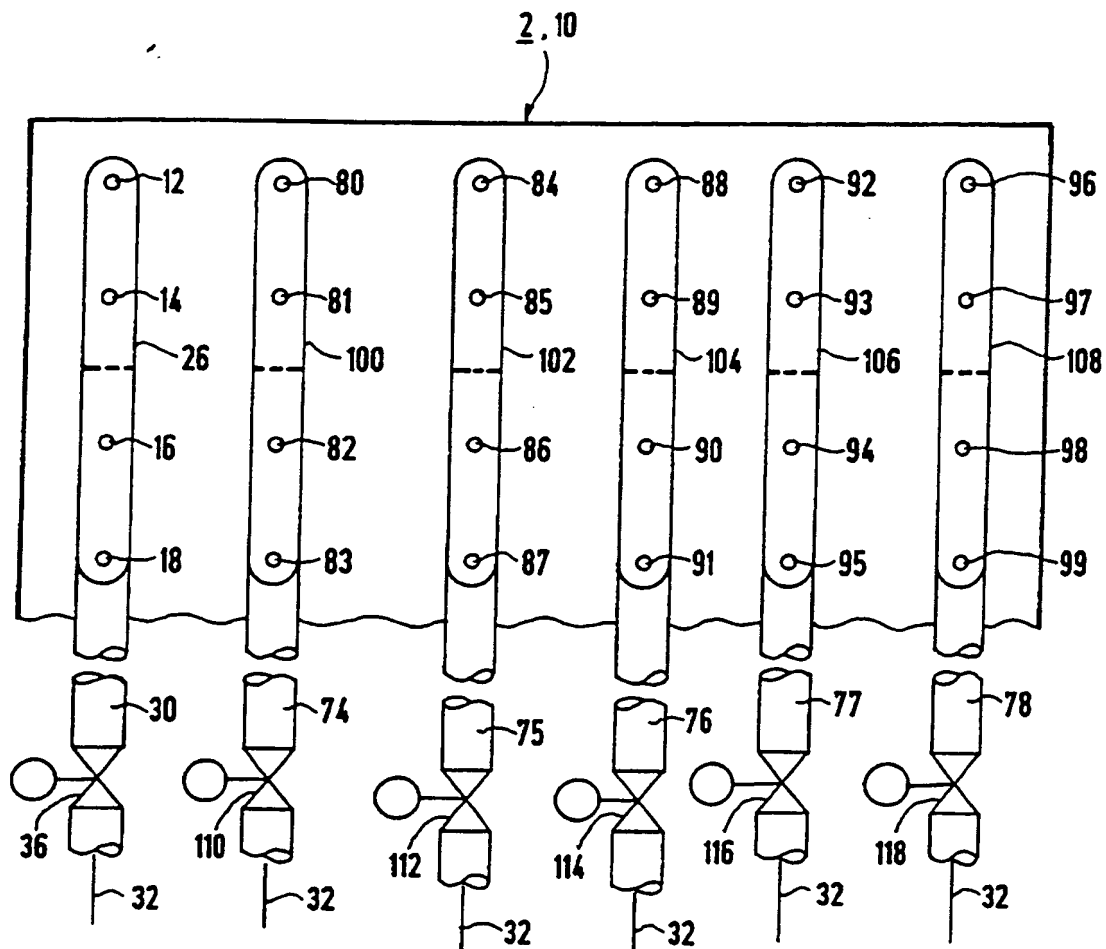


FIG 2

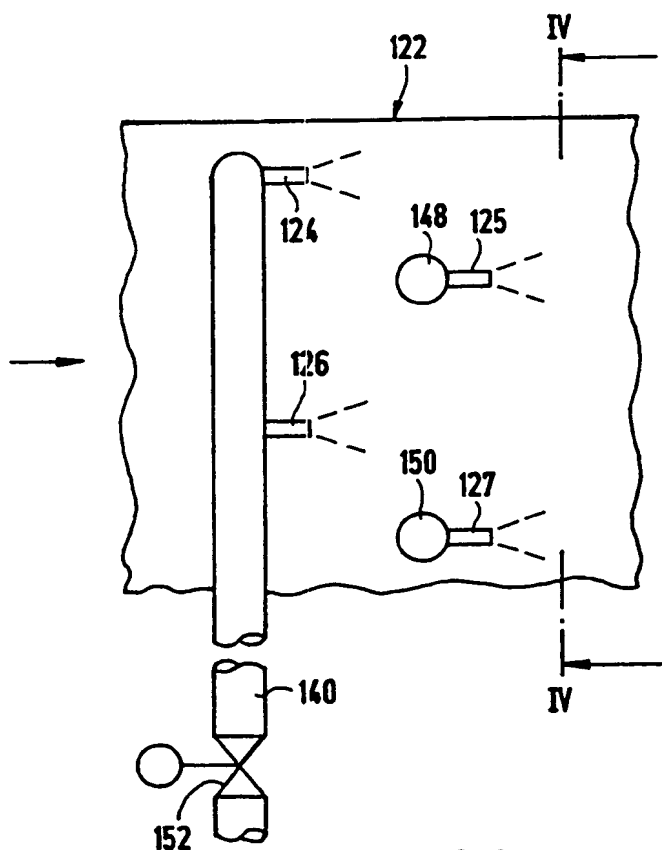


FIG 3

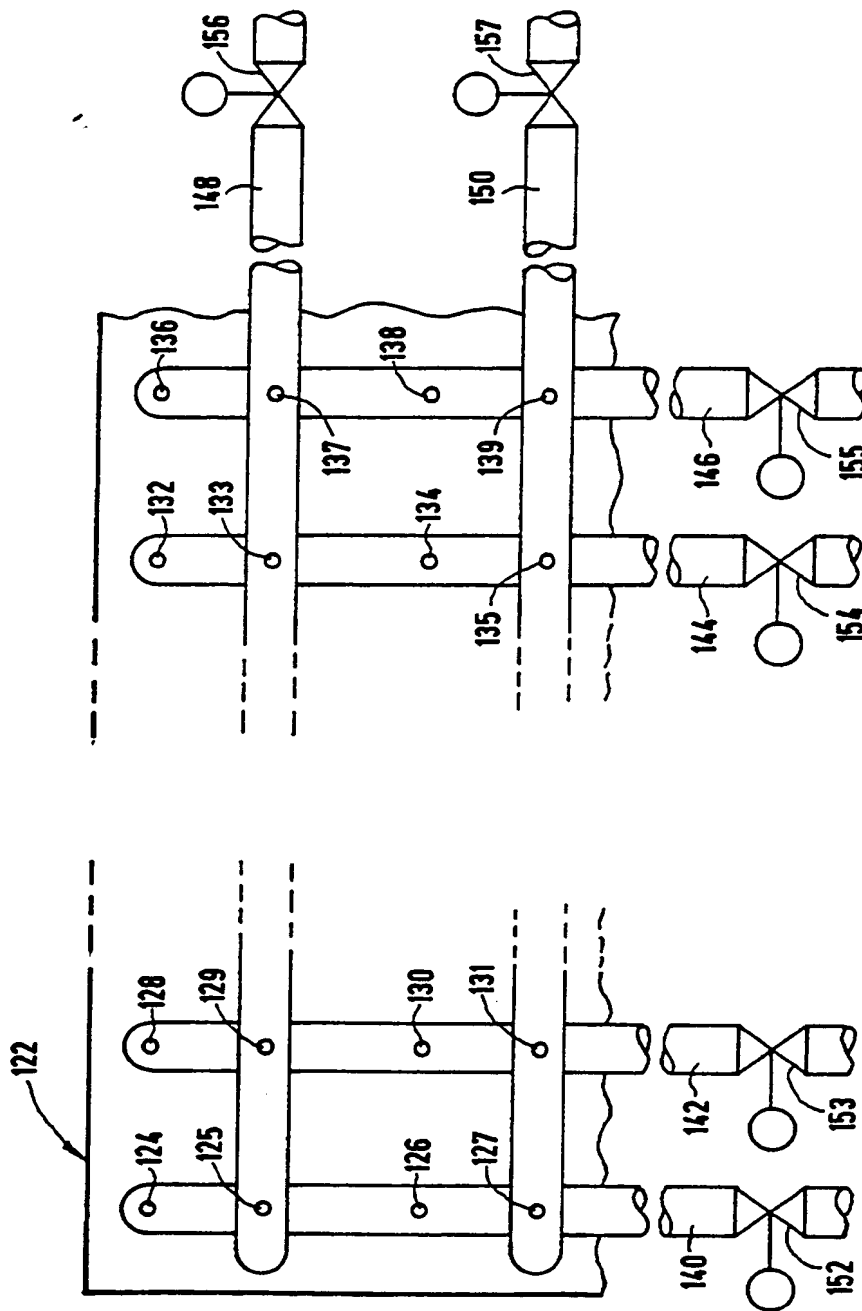


FIG 4

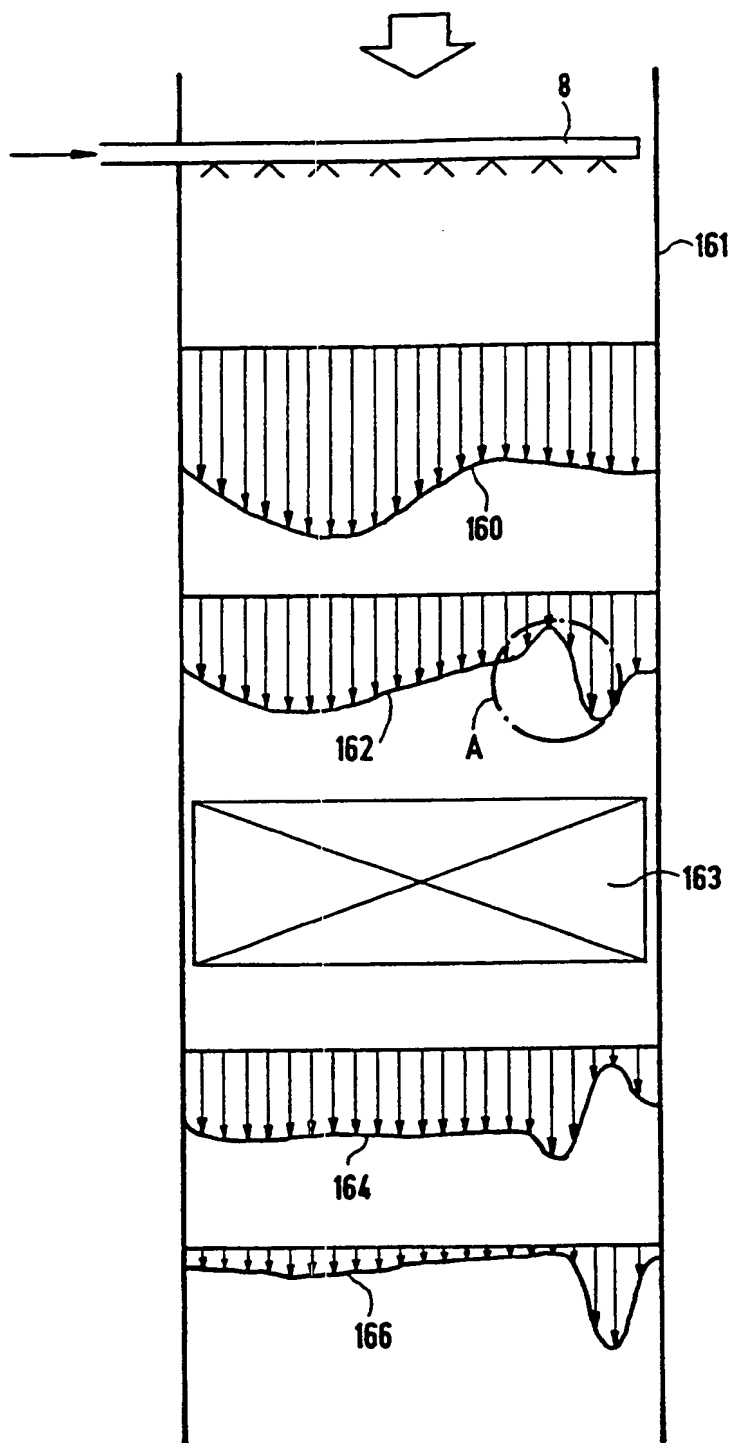


FIG 5

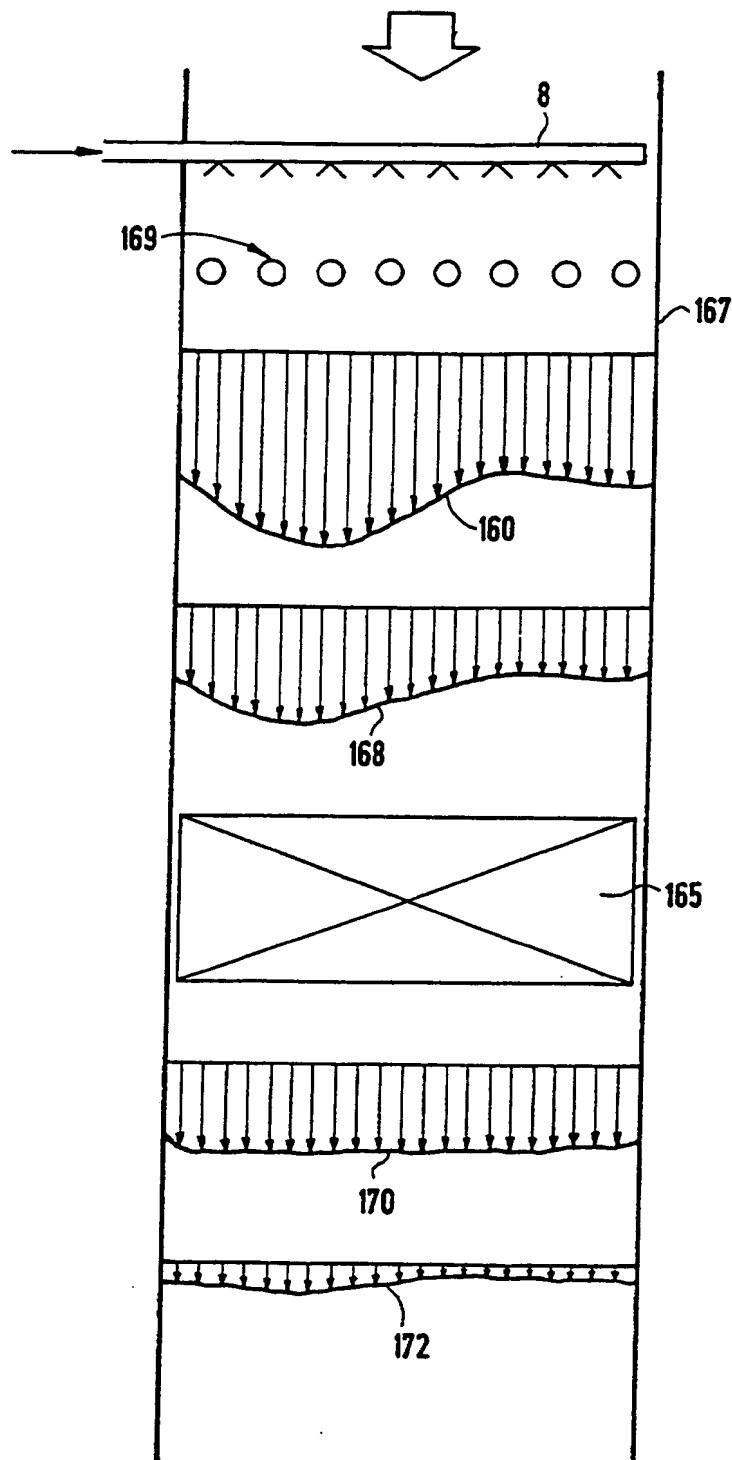


FIG 6

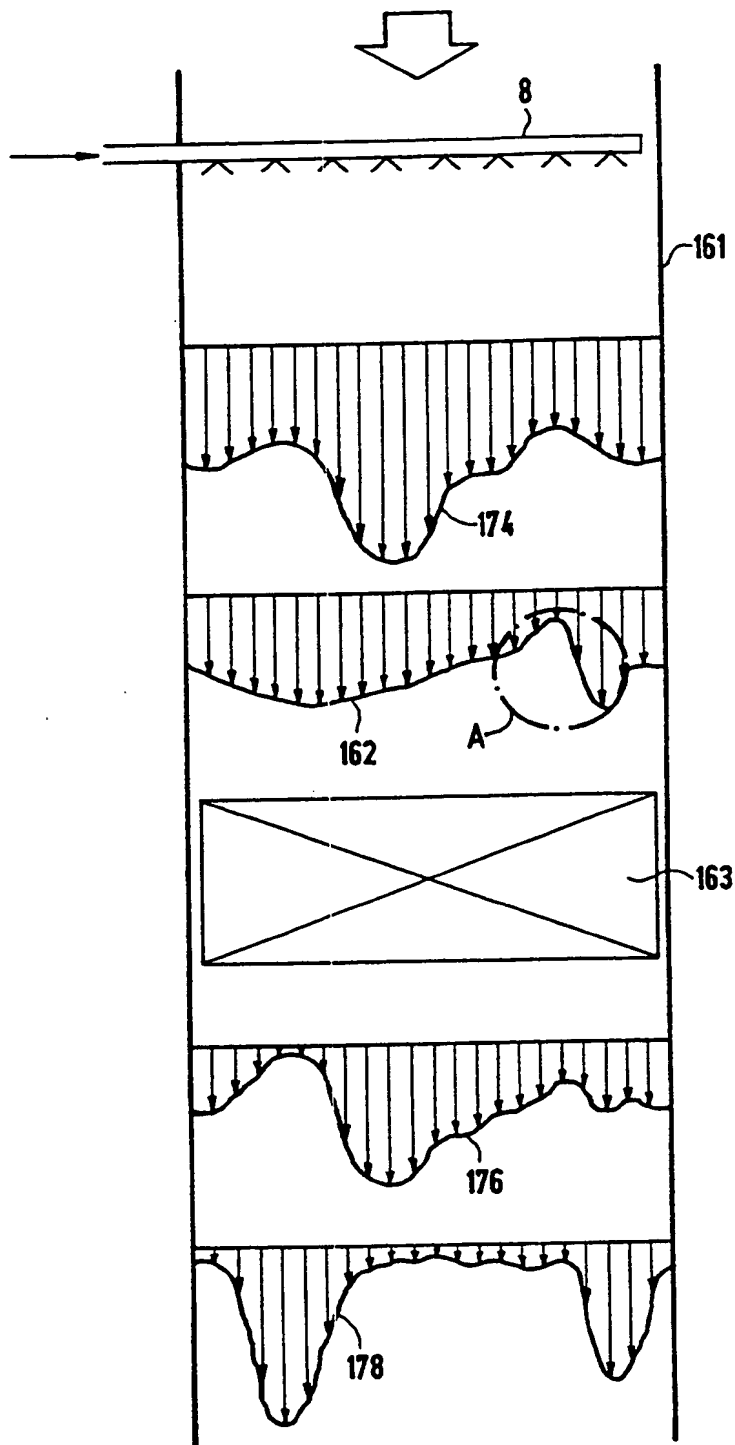


FIG 7

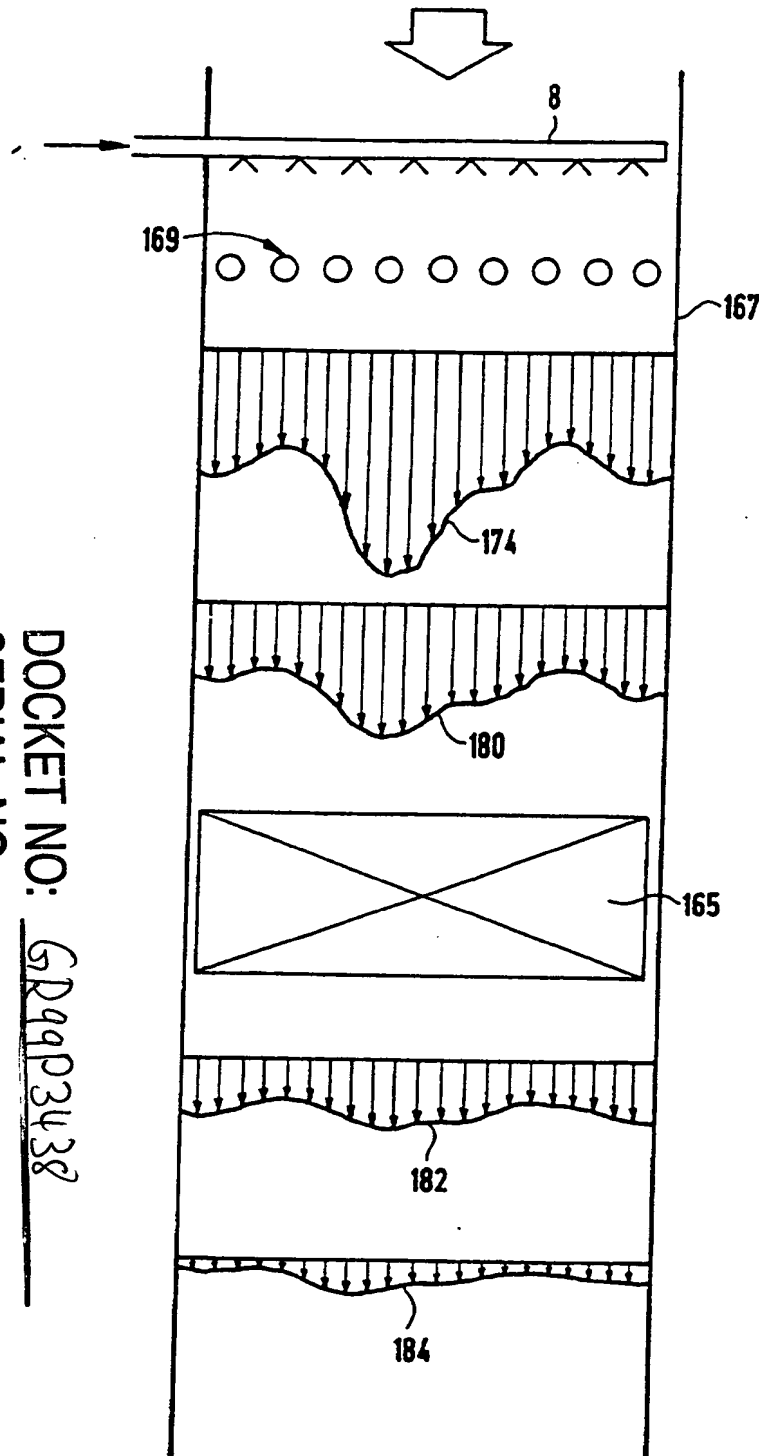


FIG 8

DOCKET NO: GR99P3438
SERIAL NO: _____
APPLICANT: Ralf Sittling

LENER AND GREENBERG P.A.
P.O. BOX 2480
HOLLYWOOD, FLORIDA 33022
TEL. (954) 925-1100